

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-285786
 (43)Dat of publication of application : 02.11.1993

(51)Int.CI.

B23Q 16/00
G05D 3/12

(21)Application number : 04-112370

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 06.04.1992

(72)Inventor : IMASHIRO AKIHIKO
TANEDA ATSUSHI**(54) POSITIONING CONTROL DEVICE****(57)Abstract:**

PURPOSE: To improve the phase characteristic of mechanical resonance and to set high control gain by reducing an increase in gain by mechanical resonance to a signal linearly amplified in a speed feedback gain multiplier and by providing a notch filter for sending the signal as a driving signal to a motor.

CONSTITUTION: A speed feedback gain multiplier 3 for linearly amplifying a deviation between a signal phase-compensated to a signal linearly amplified in a position feedback gain multiplier 2 by a phase leading lagging compensator 17 by mechanical resonance and a rotor speed is provided. Next, an increase in gain by mechanical resonance to a signal linearly amplified in the speed feedback gain amplifier 3 to a notch filter is reduced. Thus, the formed signal is sent as a driving signal to a motor.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-285786

(43)公開日 平成5年(1993)11月2日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号 庁内整理番号
Z 8107-3C
305 V 9179-3H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-112370

(22)出願日 平成4年(1992)4月6日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目 2番3号

(72)発明者 今城 昭彦

尼崎市塚口本町 8 丁目 1 番 1 号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(72)発明者 稲田 淳

名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱
電機株式会社名古屋製作所内

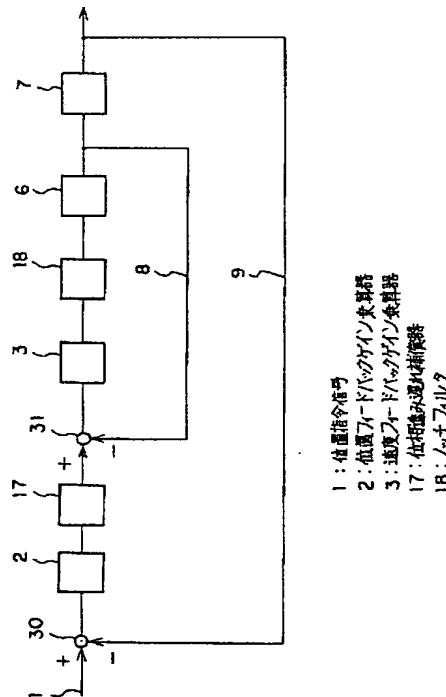
(74)代理人 弁理士 田澤 博昭 (外2名)

(54)【発明の名称】 位置決め制御装置

(57) 【要約】

【目的】 機械共振の位相特性を改善して制御ゲインを大きく設定でき、一方、同一制御ゲインでは機械共振の周波数を低く設定できるようにする。

【構成】 位相進み遅れ補償器によって、位置信号に対し不安定な機械共振による位相遅れを改善し、ノッチフィルタによって、速度信号に対して機械共振によるゲインの増加を低減させるようとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 位置指令信号を受けて、駆動対象の位置決めをモータによって行い、該モータのロータ速度および上記駆動対象の位置の検出出力により、当該駆動対象を上記位置指令信号に応じた位置に位置決めするようにサーボ制御をかける位置決め制御装置において、上記位置指令信号と上記駆動対象の位置の検出出力との偏差信号を比例増幅する位置フィードバックゲイン乗算器と、該位置フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して機械共振による位相遅れを改善する位相進み遅れ補償器と、該位相進み遅れ補償器で位相補償した信号と上記ロータ速度との偏差を、比例増幅する速度フィードバックゲイン乗算器と、該速度フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して機械共振によるゲインの増加を低減し、このようにして生成した信号を、上記モータへ駆動信号として送出するノッチフィルタとを備えたことを特徴とする位置決め制御装置。

【請求項2】 位置指令信号を受けて駆動対象の位置決めをモータによって行い、該モータのロータ速度および上記駆動対象の位置の検出出力により、当該駆動対象を上記位置指令信号に応じた位置に位置決めするようにサーボ制御をかける位置決め制御装置において、放電電圧指令信号と電極およびワーカ間の放電電圧検出値との偏差信号を比例増幅する加工フィードバックゲイン乗算器と、該加工フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して位相補正を行って位置指令信号を生成する位相進み遅れ補償器と、該位相進み遅れ補償器で生成された位置指令信号と上記駆動対象の位置の検出出力との偏差信号を比例増幅する位置フィードバックゲイン乗算器と、該位置フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号と上記ロータ速度との偏差を比例増幅する速度フィードバックゲイン乗算器と、該フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して、機械共振によるゲインの増加を低減し、このようにして生成した信号を上記モータへ駆動信号として送出するノッチフィルタとを備えたことを特徴とする位置決め制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、放電加工機などの工作機械における駆動対象を位置決め制御する位置決め制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図6は例えば「数値制御装置、MELD AS, ACサーボ, MR-Sシリーズ」の保守説明書(BNP-A2867C, 1989年5月 三菱電機株式会社発行)に示された従来の位置決め制御装置を示すブロック図であり、図において、1は位置指令信号、2は位置フィードバックゲイン乗算器、3は速度フィードバックゲイン乗算器、4は位相遅れ補償器、5は位相進み補償器、6はモータの動特性出力手段、7は機械系の

動特性出力手段、8は速度フィードバックループ、9は位置フィードバックループであり30, 31は比較器である。

【0003】 また、図7は図6に示した位置決め制御装置を含む位置決め系全体を示すシステム構成図であり、図において、10はサーボアンプ、11はこのサーボアンプ10によって駆動されるモータ、12はこのモータ11の軸に接続されたエンコーダ、13はモータ11の軸端に接続されたカップリング、である。

10 【0004】 また、14はこのカップリング13を介してモータ11の軸に接続されたボールねじ、15はこのボールねじ14で駆動される駆動対象としてのテーブル、16はこのテーブル15に設置されたスケールである。

【0005】 次に動作について説明する。まず、サーボアンプ10はモータ11を駆動し、同時に、エンコーダ12およびスケール16からの各検出信号を受けて、所望の位置制御を行う。また、このモータ11の軸の回転により、カップリング13を介してボールねじ14が回転し、テーブル15は直進移動する。

【0006】 このときの制御動作を図6についてさらに詳しく述べる。まず、比較器30において、位置指令信号1と位置フィードバックループ9を介して得られるスケール16ないしエンコーダ12による上記検出信号との差を取り、これを位置フィードバックゲイン乗算器2によって A_p 倍の比例増幅を行う。この増幅信号から、速度フィードバックループ8を介して得られるエンコーダ12からの速度検出信号を比較器31にて差し引き、これを速度フィードバックゲイン乗算器3によって A_r 倍の比例増幅を行う。

【0007】 次に、この速度フィードバックゲイン乗算器3の出力を、さらに、位相遅れ補償器4によって低周波域で大きくし、あるいは位相進み補償器5によって高周波域で大きくし、モータ11の駆動信号を生成する。

【0008】 そして、この駆動信号がモータの動特性出力手段6を通過したものが、ロータの速度信号であり、上述のようにエンコーダ12ないしスケール16によって検出されることになる。また、このロータ速度は、機械系の動特性出力手段7を通して位置信号となり、上述のようにエンコーダ12ないしスケール16で検出されることになる。

【0009】 このようなフィードバック制御系の周波数応答特性は、模式的に示すと図8のようになる。この図8は位置フィードバックループ9を切断した場合のいわゆる開ループ伝達関数を示し、入力を位置指令信号1、出力をスケール16の位置検出信号とした。横軸の周波数は開ループ伝達関数のゲインが0 dBとなる交差周波数で正規化した無次元周波数である。

【0010】 また、放電加工機の位置決め制御系の制御50 帯域幅は、一般的な工作機械のそれの4~8倍程度と大き

いので、無次元周波数 f が 2 付近に機械共振 R_1 が、5 付近に機械共振 R_2 があり、図示のような周波数特性となるのが典型例である。このとき、位相が -180° を越える周波数におけるゲイン余有を見ると、 -4 dB となっており、制御系が不安定であることがわかる。

【0011】したがって、この制御系を安定にするには、位置ゲインフィードバック A_p を 4 dB 分、すなわち 0.63 倍に下げなければならないことになる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】従来の位置決め制御装置は以上のように構成されているので、制御帯域幅の大きい放電加工機の位置決め制御系で問題となる機械共振の位相特性が改善できず、速度ループおよび位置ループの制御ゲインを上げると、機械系が発振するために、制御ゲインは機械系の固有振動数で制約され、位置決め制御系の制御帯域幅、速応性、および外乱抑制効果が低下するなどの問題点があった。

【0013】請求項1の発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、機械共振の位相特性を改善することで、制御ゲインを大きく設定でき、逆に、同一の制御ゲインに対しては、機械共振の周波数を低く設定できる位置決め制御装置を得ることを目的とする。

【0014】請求項2の発明は電極とワークとの距離に比例する成分を含む放電電圧信号に着目して、機械共振の影響を軽減することができる位置決め制御装置を得ることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る位置決め制御装置は、位置指令信号と駆動対象の位置の検出出力との偏差信号を比例増幅する位置フィードバックゲイン乗算器と、該位置フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して機械共振による位相遅れを改善する位相進み遅れ補償器と、該位相進み遅れ補償器で位相補償した信号と、ロータ速度との偏差を比例増幅する速度フィードバックゲイン乗算器を設け、ノッチフィルタに該速度フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して機械共振によるゲインの増加を低減させ、このようにして生成した信号をモータへ駆動信号として送出させるようにしたものである。

【0016】請求項2の発明に係る位置決め制御装置は、放電電圧指令信号と電極およびワーク間の放電電圧検出値との偏差信号を比例増幅する加工フィードバックゲイン乗算器と、該加工フィードバック乗算器で比例増幅した信号に対して位相補正を行って位置指令信号を生成する位相進み遅れ補償器と、該位相進み遅れ補償器で生成された位置指令信号と駆動対象の位置の検出出力との偏差信号を比例増幅する位置フィードバックゲイン乗算器と、該位置フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号とロータ速度との偏差を比例増幅する速度フィードバックゲイン乗算器とを設け、ノッチフィルタに、

該フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して、機械共振によるゲインの増加を低減させ、このようにして生成した信号を上記モータへ駆動信号として送出させるようにしたものである。

【0017】

【作用】請求項1の発明における位相進み遅れ補償器は、最も不安定な機械共振による位相遅れを改善してその機械共振を安定化し、かつこの位相進み遅れ補償に伴って不安定化する周波数領域の機械共振をノッチフィルタにより安定化する。

【0018】請求項2の発明における加工フィードバックゲイン乗算器は、放電電圧指令値と電極、ワーク間の放電電圧検出値との偏差信号をモータのロータ位置データとして出しし、この出力信号に対して位相進み遅れ補償器が位相補正を行って、位置指令信号を生成し、これをワークの位置指令データとして使用可能にする。

【0019】

【実施例】

実施例1. 以下、この発明の一実施例を図について説明する。図1において、1は位置指令信号、2は位置フィードバックゲイン乗算器、17は位相進み遅れ補償器、3は速度フィードバックゲイン乗算器、18はノッチフィルタ、6はモータの動特性出力手段、7は機械系の動特性出力手段、8は速度フィードバックループ、9は位置フィードバックループであり、30、31は比較器である。

【0020】また、図1に示した制御系は、従来例の図7と同様のハードウェアシステムにおいて実行され、制御系の実装手段としては、オペアンプ等を用いたアナログ回路やCPU等を用いたデジタル回路上のソフトウェアのいずれでもよい。

【0021】次に動作を説明する。位置指令信号1から、スケール16で検出され、かつ位置フィードバックループ9を介して得られる位置信号を、比較器30で差し引いて位置偏差を作り、これを位置フィードバックゲイン乗算器2で位置フィードバックゲイン A_p 倍の比例増幅を行う。

【0022】次に、この比例増幅した信号に対して、位相進み遅れ補償器17は図8に示すような機械共振 R_1 による位相遅れを改善する。また、この位相補償した信号から、エンコーダ12で検出したロータ速度を比較器31において、差し引き、その出力を速度フィードバックゲイン乗算器3で速度フィードバックゲイン A_r 倍に比例増幅する。

【0023】そして、この増幅した信号に対して、ノッチフィルタ18は図8に示すような機械共振 R_2 によるゲインの増加を低減し、このようにして生成した信号をモータ11へ駆動信号として送出する。また、このモータ11の駆動により、その動特性出力手段6を介した速度信号と、さらに、機械系の動特性出力手段7を介した

位置信号とが得られる。

【0024】次に、位相進み遅れ補償器17とノッチフィルタ18の動作の詳細を述べる。いま、位相進み遅れ補償器17の伝達関数を $G_e(s)$ 、ノッチフィルタ18の伝達関数を $G_n(s)$ とすると、

【0025】

$$G_e(s) = (s^2 / \omega_2^2 + 2\xi_e s / \omega_2 + 1) / (s^2 / \omega_1^2 + 2\xi_n s / \omega_1 + 1) \dots (1)$$

【0026】

$$G_n(s) = (s^2 + 2\xi_n \omega_n s + \omega_n^2) / (s^2 + 2\xi_e \omega_e s + \omega_e^2) \dots (2)$$

となる。

【0027】ここで、(s)はラプラス演算子、 ω_1 、 ω_2 、 ω_n は補償器を設定する角周波数、 ξ_e 、 ξ_n は補償器を設定する無次元数である。

【0028】これらの補償器を例えば図8に示した制御特性に適用して高ゲイン化を図る。すなわち、角周波数 ω_2 を機械共振R1のゲインのピークに合わせ、角周波数 ω_1 を機械共振R1と機械共振R2との間の反共振周波数（ゲインの谷間の周波数）に合わせ、さらに $\xi_e = 0.2$ 程度に選ぶと、位相進み遅れ補償器17およびこの位相進み遅れ補償器17を加えた開ループ系の周波数特性は、図2に示すようになる。

【0029】ここで、破線が位相進み遅れ補償器17単体の周波数特性、実線が位相進み遅れ補償器17がないときの開ループ系の周波数特性で、図8と同一であり、一点鎖線が位相進み遅れ補償器17を加えたときの制御系全体の開ループ周波数特性である。このように、位相進み遅れ補償器17を加えることにより、機械共振R1のゲインが下がり、位相が進む。そして、位相が -180° を横切る周波数が高くなっている、ゲイン余有8dBが確保でき、制御系は安定となる。

【0030】しかしながら、位相進み遅れ補償することにより、無次元周波数fが2.5以上において、ゲインが上がっており、系のゲイン余有に機械共振R2が影響することがわかる。そこで、この機械共振R2の影響を軽減するために、ノッチフィルタ18を加える。

【0031】このときの周波数特性を図3に示す。実線はノッチフィルタ18を加える以前の周波数特性図であり、図2の一点鎖線と同一である。破線はノッチフィルタ18単体の周波数特性であり、一点鎖線はノッチフィルタ18を加えたときの制御系全体の開ループ周波数特性である。ノッチフィルタ18の定数である ω_n は実線の位相が -180° を横切る周波数に合わせ、 $\xi_n = 0.05$ 、 $\xi_e = 0.15$ とした。

【0032】このように、ノッチフィルタ18を加えることにより、実線から一点鎖線のようになり、機械共振R2に起因するゲインのピークが低減されていることがわかる。また、位相特性も変化するが、f=5付近で -180° を横切るときのゲイン余有は、約12dBに向

上し、制御系の安定性が増すことがわかる。

【0033】実施例2. 図4はこの発明の他の実施例による位置決め系全体を示すシステム構成図であり、同図において、19はボールねじ14の回転により直線移動する駆動対象としてのテーブル15に固定したワーク、20はこのワーク19を放電によって加工する電極、21はこの電極20を保持するヘッド構造部、22は電極20に電流を供給するとともに、位置決め制御系を統括するNC制御装置である。なお、このほかの図7に示したものと同一の構成部分には同一符号を付して、その重複する説明を省略する。

【0034】この実施例によれば、モータ11がテーブル15を駆動することにより、このテーブル15に固定されたワーク19を、電極20に対して位置決めする。NC制御装置22は電極20に電流を供給するとともに、加工液（図示せず）に浸された電極20とワーク19との間の放電電圧を検出し、この放電電圧を所望の放電電圧に制御する。この放電電圧は電極20とワーク19の距離に依存するので、放電電圧の制御は、テーブル15の位置決めで行う。

【0035】図5はこのような放電加工の制御系を示すブロック図である。これによれば、放電電圧指令信号23から加工データフィードバックループ26の放電電圧検出値を比較器32にて差し引き、加工フィードバックゲイン乗算器24により加工フィードバックゲインAe倍の比例増幅を行う。

【0036】さらに、この比例増幅した信号を、位相進み遅れ補償器17によって位相補正し、位置指令信号を生成する。また、この位置指令信号からエンコーダ12で検出した位置検出値を比較器30にて差し引き、位置フィードバックゲイン乗算器2で比例増幅し、比較器31にて速度検出値を差し引いた後に速度フィードバックゲイン乗算器3で比例増幅し、ノッチフィルタ18による補正を行い、モータ11の駆動信号とする。

【0037】そして、この駆動信号はモータの動特性出力手段6を経てロータ速度となり、これを積分器33により積分してロータ位置とし、またエンコーダ12で各々を検出することになる。また、上記ロータ位置データは機械系の動特性出力手段7を経て、電極20とワーク19との距離に対応する位置データとなり、さらに、放電プロセスの動特性出力手段25を経て放電電圧となり、NC制御装置22に取り込まれる。

【0038】従って、この実施例によれば、放電電圧には電極20とワーク19との距離に比例する成分が含まれるため、機械系の動特性、すなわち機械共振の周波数特性が掛け算されており、この機械共振の影響を位相進み遅れ補償器17とノッチフィルタ18で軽減することにより、図1の実施例と同様の効果を奏することになる。

【0039】なお、位相進み遅れ補償器17は、NC制

御装置22あるいはサーボアンプ10のどちらで構成してもよく、その実装手段はオペアンプ等を用いたアナログ回路、CPU等を用いたソフトウェアのどちらでもよい。また、上記実施例では位置信号としてエンコーダ12によってロータ位置を検出したが、図7に示したスケール16によってテーブル位置を検出しててもよく、上記実施例と同様の効果を奏する。

【0040】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明によれば位置指令信号と駆動対象の位置の検出出力との偏差信号を比例増幅する位置フィードバックゲイン乗算器と、該位置フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して機械共振による位相遅れを改善する位相進み遅れ補償器と、該位相進み遅れ補償器で位相補償した信号とロータ速度との偏差を、比例増幅する速度フィードバックゲイン乗算器を設け、ノッチフィルタに該速度フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して機械共振によるゲインの増加を低減させ、このようにして生成した信号をモータへ駆動信号として送出させるように構成したので、機械共振の位相特性を改善することで、制御ゲインを大きく設定でき、一方、同一の制御ゲインに対しては機械共振の周波数を低く設定でき、従って、位置決め制御における速応性、外乱抑制効果を従来の1.5～2.0倍程度に高めることができ、また、放電加工の高速、高精度化を実現でき、機械構造体の軽量化、原価低減を実現できるものが得られる効果がある。

【0041】また、請求項2の発明によれば放電電圧指令信号と、電極およびワーク間の放電電圧検出値との偏差信号を比例増幅する加工フィードバックゲイン乗算器と、該加工フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して位相補正を行って位置指令信号を生成する位相進み遅れ補償器と、該位相進み遅れ補償器で生成された位置指令信号と駆動対象の位置の検出出力との偏差信号を比例増幅する位置フィードバックゲイン乗算器と、該位置フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号とロータ速度との偏差を比例増幅する速度フィードバックゲイン乗算器と、該速度フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して機械共振によるゲインの増加を低減させ、このようにして生成した信号をモータへ駆動信号として送出させるように構成したので、機械共振の位相特性を改善することで、制御ゲインを大きく設定でき、一方、同一の制御ゲインに対しては機械共振の周波数を低く設定でき、従って、位置決め制御における速応性、外乱抑制効果を従来の1.5～2.0倍程度に高めることができ、また、放電加工の高速、高精度化を実現でき、機械構造体の軽量化、原価低減を実現できるものが得られる効果がある。

* イン乘算器とを設け、ノッチフィルタに該フィードバックゲイン乗算器で比例増幅した信号に対して、機械共振によるゲインの増加を低減させ、このようにして生成した信号を上記モータへ駆動信号として送出させるように構成したので、上記効果に加えて、電極とワークとの距離に比例する成分を含む放電電圧信号を利用して、機械共振の影響を軽減できるものが得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例による位置決め制御装置を示すブロック図である。

【図2】この発明における位相進み遅れ補償器の動作を示すボード線図である。

【図3】この発明における位相進み遅れ補償器とノッチフィルタの動作を示すボード線図である。

【図4】この発明の位置決め制御装置を構成するハードウェアを示す構成図である。

【図5】この発明の別の実施例による位置決め制御装置を示すブロック図である。

【図6】従来の位置決め制御装置を示すブロック図である。

【図7】図6の位置決め制御装置を構成するハードウェアを示す構成図である。

【図8】図6におけるフィードバック制御系の周波数特性を模式的に示すボード線図である。

【符号の説明】

1 位置指令信号

2 位置フィードバックゲイン乗算器

3 速度フィードバックゲイン乗算器

11 モータ

30 15 テーブル（駆動対象）

17 位相進み遅れ補償器

18 ノッチフィルタ

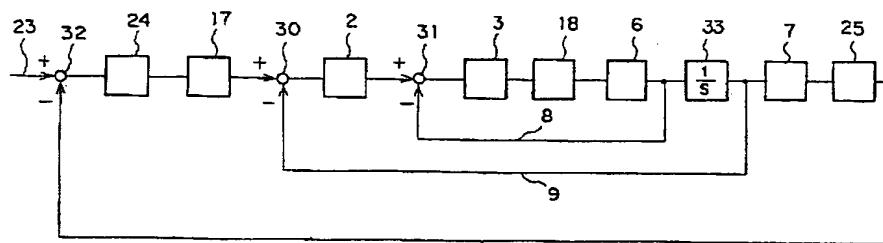
19 ワーク

20 電極

23 放電電圧指令信号

24 加工フィードバックゲイン乗算器

【図5】

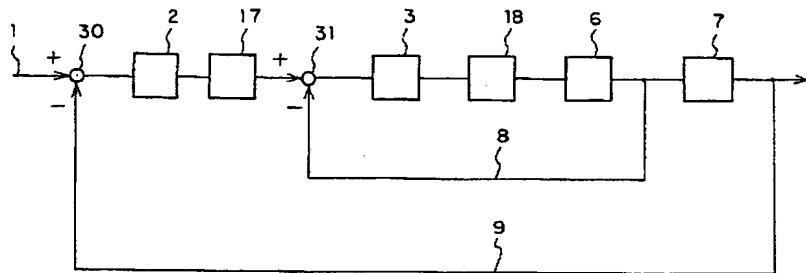


26

23: 放電電圧指令信号

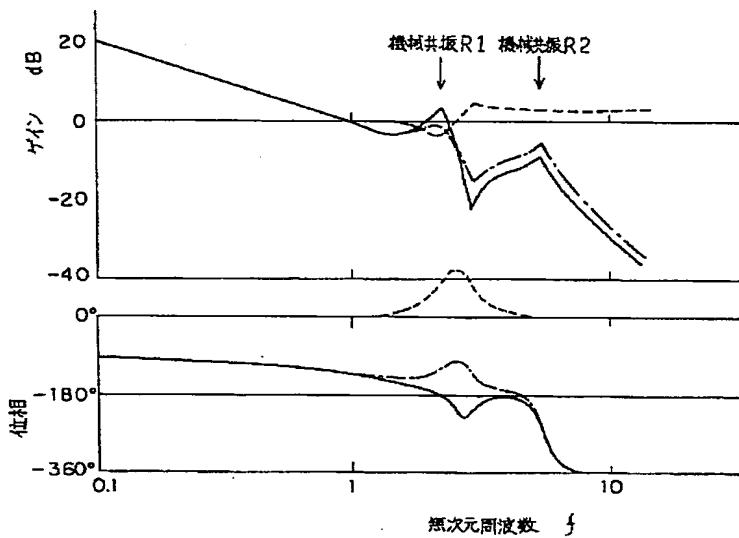
24: 加工フィードバックゲイン乗算器

【図1】

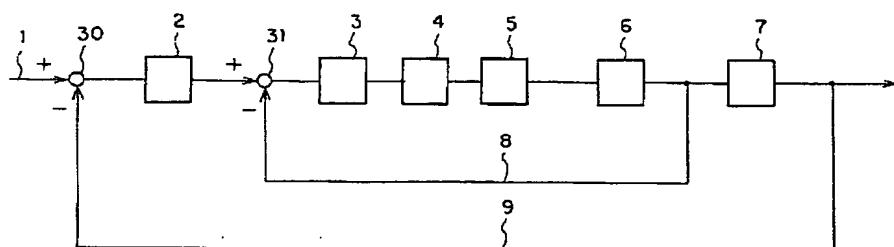


1: 位置指令信号
 2: 位置フィードバックゲイン乗算器
 3: 速度フィードバックゲイン乗算器
 17: 位相差み連れ補償器
 18: ノッチフィルタ

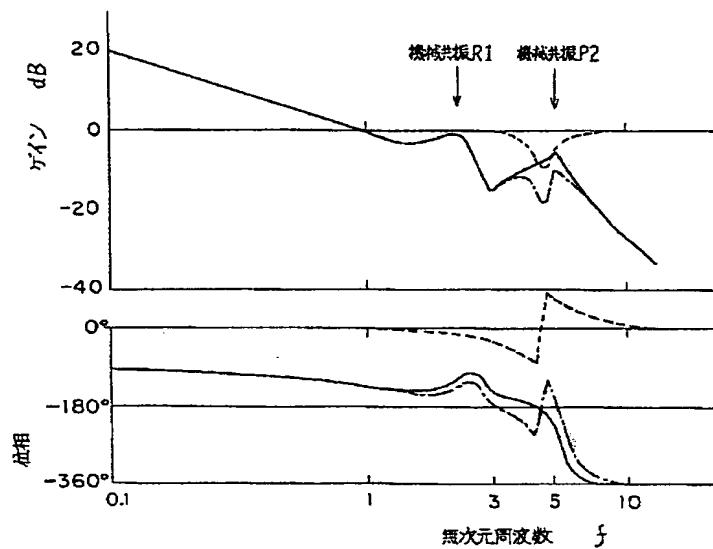
【図2】



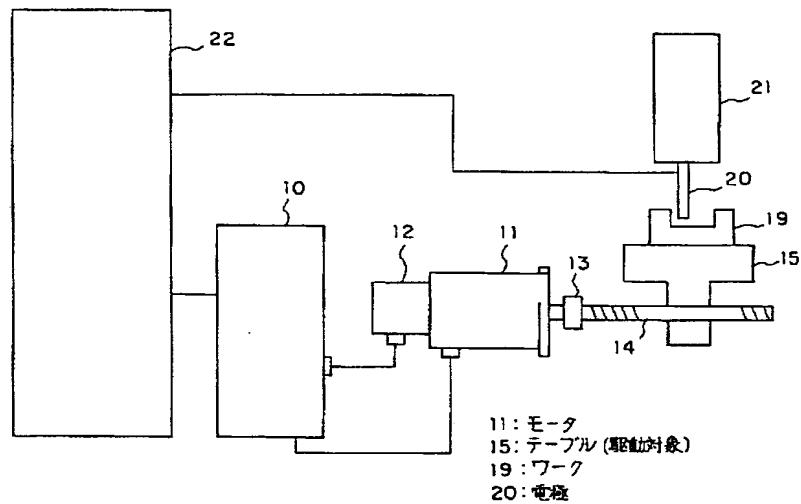
【図6】



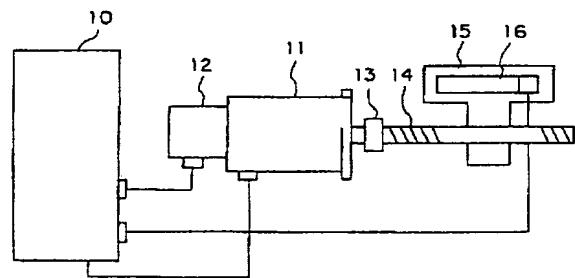
【図3】



【図4】



【図7】



[図8]

